Aus dem
Arbeitsphysiologischen Institut der Friedrich-Wilhelm-Universität
zu Breslau
Professor Dr. A. Basler

Über die bei der menschlichen Fortbewegung auftretende Lotkraft

Mit 6 Textabbildungen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität zu Breslau

Vorgelegt von

Hanna Schenk

Breslau

1938

Breslau 1938. Druck von F. W. Jungfer, Breslau

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. Basler.
II. Referent: Prof. Dr. Blotevogel.
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die beim Gehen und anderen Tätigkeiten auftretenden Kräfte hat Basler[1]) nach ihren Komponenten eingeteilt einmal in solche, die parallel mit der Erdoberfläche verlaufen, Schubkräfte[2]), die uns im vorliegenden Zusammenhang nicht interessieren, und zweitens in die senkrecht wirkenden. Die ganze Reihe der verschiedenen, nach abwärts gerichteten Kräftekomponenten wurden der Einfachheit halber unter dem Namen „Lotkraft" zusammengefaßt. Über diese liegen bisher nur wenige experimentelle Untersuchungen vor[3]). Um nun über die Lotkraft für die verschiedenen Arten des Gehens sowie anderer Tätigkeiten genauere Bestimmungen zu erhalten, hat mich Herr Professor Basler aufgefordert, weitere Untersuchungen darüber anzustellen, die ich früher an anderer Stelle veröffentlicht habe[4]).

---

[1]) A. Basler: Das Gehen. Canton 1929, S. 73.
[2]) H. Rauhut: „Arbeitsphysiologie", Bd. 9, S. 438, 1936.
[3]) Von solchen wäre zu nennen A. Basler: „Arbeitsphysiologie, Bd. 8, S. 591, 1935.
[4]) H. Schenk: „Arbeitsphysiologie", Bd. 9, S. 189, 1937.

Methodik

Zur Ausführung der Untersuchungen[1]) benutzte ich eine von Herrn Prof. Basler konstruierte Einrichtung, die im folgenden beschrieben sei.

Ein 150 cm langes, 39 cm breites Brett b (s. Abb. 1) ist 10 cm über dem Fußboden gelagert, und zwar ist es an einem Ende zwischen zwei Eisenachsen a befestigt. An dem anderen Ende ruht das Brett auf sechs Gummipuffern g_1 auf der Oberseite des Brettes ist die gleiche Reihe von Gummipuffern g_2 genau über den unteren angebracht. Die obere sowie die untere Reihe von Puffern sind je durch eine Holzleiste r, r fixiert, ohne dabei komprimiert zu werden.

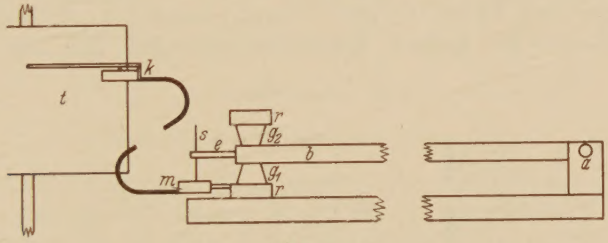

Abb. 1.

Die Holzleisten selbst sind mit demselben Balkengestell verbunden, an dem auch die Achsenlager für die Achse a befestigt sind. Wird das Brett b belastet, so dreht es sich um Bruchteile eines Winkelgrades um seine Achse a als Hypomochlion, die unteren Puffer werden zusammengedrückt, doch die Ausschläge werden gedämpft durch die oberen Puffer. Das Brett b mußte vom Fuße der gehenden Versuchsperson immer an der gleichen Stelle belastet werden, daher wurde etwas entfernt von der linken Schmalseite des Brettes b ein 24 cm breiter, 39 cm langer Streifen in schwarzer Farbe als Markierung aufgemalt. Um die Erhöhung des Brettes b von 10 cm gegenüber dem Fußboden auszugleichen, wurde eine ebenso erhöhte Gehbahn senkrecht zur Längsrichtung des Brettes b an jeder Seite in Verlängerung der markierten Stelle angelegt. Die Länge jeder der beiden Gehbahnen betrug 2 m, die Breite 40 cm. Ich registrierte die Lotkraft zunächst mittels Luftübertragung (s. Abb. 1). An der Stirnseite des Brettes b ragte ein kräf-

[1]) Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Berlin.

tiger Metallstab e hervor, an welchem senkrecht ein kleines Stäbchen s mittels einer Schraubvorrichtung angebracht war. Stab s kann auf die mit einer Blechplatte beklebte Bespannung einer Mareyschen Kapsel m aufgelegt werden. Die Kapsel m war mit einer zweiten Kapsel k durch einen Gummischlauch verbunden. Kapsel k wölbte sich beim Eindrücken des Stäbchens s in die Kapsel m vor und bewegte einen Schreibhebel, dessen Ausschläge auf einer Kymographiontrommel t registiert wurden. Diese Anordnung erwies sich nach längerer Ausführung von Versuchen nicht als voll befriedigend. Die Form der Kurven kam zwar eindeutig heraus, aber für die Beurteilung der Größe der auftretenden Kräfte ließ sich die Methode nicht verwenden, denn die Höhe der Ausschläge war stark davon abhängig, wie man den Hebel an die Trommel setzte. Außerdem wies die Mareysche Kapsel Eigenschwingungen auf, die nicht

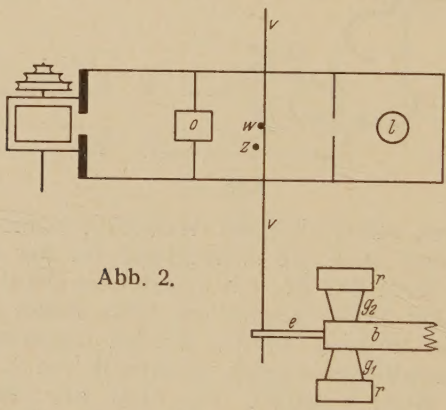

Abb. 2.

völlig gedämpft werden konnten. So ergaben sich beim Laufen und Springen Werte, die das Siebenfache des Körpergewichts darstellen, was sich dann nach der neuen Registriermethode als bei weitem zu hoch erwies. Ich entschloß mich daher auf Veranlassung von Herrn Prof. Basler, die Bewegung des Brettes auf optischem Wege zu registrieren.

An dem Brett an sich wurde nichts geändert. Senkrecht zum Stab e wurde ein 80 cm langer Stab v befestigt und zu diesem senkrecht ein Stab w (siehe Abb. 2). Die Ausschläge des Stabes w wurden registriert. Dazu verwandte ich im wesentlichen die gleiche Versuchsanordnung, wie sie

von Rauhut[1]) beschrieben ist. Für meine Versuche wurden einige kleine Änderungen notwendig, da ich den Apparat horizontal stellen mußte, der vorher senkrecht stehend benutzt worden war. Die modifizierte Apparatur sei in aller Kürze beschrieben.

Ein Kasten mit einer Grundfläche von 50 : 30 cm und einer Höhe von 25 cm ist in drei gleich große Fächer eingeteilt (s. Abb. 3). In dem Fach I befindet sich eine elektrische

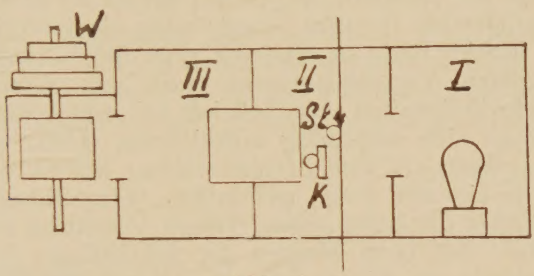

Abb. 3.

Birne. Das Licht der Birne wird weitergeleitet zum Fach II durch eine runde Öffnung in der Wand, die Öffnung ist abgeblendet. Der in Abb. 3 durch das Fach II gezogene senkrechte Strich ist identisch mit dem Stab v Abb. 2. Um Schwingungen zu vermeiden, steckt er in einer mit Gummi gepufferten Metallhülse, die als Führung dient. 8 cm vom Boden des Faches entfernt ist Stab St 4 senkrecht zu v angebracht. Neben dem horizontalen Stäbchen St 4 ist eine Mareysche Schreibkapsel k befestigt, deren Schreibhebel ziemlich nahe Stab St 4, in derselben senkrechten Ebene liegt. Die Mareysche Kapsel ist mit Hilfe eines Gummischlauches, der durch ein Loch in der Wand des Faches II hindurchgeleitet ist, mit einem Sekundenpendel verbunden, das hier nicht näher beschrieben zu werden braucht. Zwischen Fach II und III befindet sich ein Linsensystem (als Rechteck dargestellt, in Abb. 2 mit o bezeichnet), das ein scharfes Bild von Stab St 4 und dem Hebel des Zeitschreibers auf einen um eine Trommel gelegten Filmstreifen wirft. Dieser befindet sich in einem zweiten, kleineren Kasten, der außen an der Wand des Faches III angehängt wird. Die Trommel mit dem Filmstreifen dreht sich um die feste Welle W. W geht lichtdicht durch den Kasten hindurch und ist außen

[1]) H. Rauhut: „Arbeitsphysiologie", Bd. 9, S. 438, 1936.

mit einem Stufenrad verbunden, sodaß die Trommel mit Hilfe einer Transmission durch ein danebenstehendes Kymographion-Uhrwerk in beliebig rasche Drehungen versetzt werden kann.

Die Ausführung der Untersuchungen begann ich damit, daß ich die Versuchspersonen über die Laufbretter gehen ließ, wobei darauf geachtet wurde, daß der eine Fuß möglichst immer auf den schwarzen Streifen des Brettes b (Abb. 1) traf. Damit sich die Untersuchungen auf genau zu bestimmende Geschwindigkeiten bezogen, wurde nach einer Stoppuhr gegangen. Um im Bilde zu sein, wie groß die Schrittlänge bei den einzelnen Versuchspersonen und den verschiedenen Ganggeschwindigkeiten war, ließ ich bei jedem Versuch die Fußabdrücke sich selbsttätig aufzeichnen. Dazu bespannte ich das Laufbrett mit einem Papierstreifen, ließ die Versuchsperson auf ein mit Eosin getränktes Stempelkissen treten und dann über die Bahn gehen. Dieses Verfahren hatte auch den Vorteil, daß beim Messen der Schrittlänge festgestellt werden konnte, ob, wie es mitunter bei ungeübten Personen der Fall war, der Schritt vor dem Brett b unwillkürlich verkürzt oder verlängert worden war. Solche Versuche mußten verworfen werden. Alle zunächst beschriebenen Versuche wurden barfuß ausgeführt.

Allgemeine Formen der gewonnen Kurven

Bei den ersten Versuchen, die ich mit mittlerer Geschwindigkeit ausführen ließ (76 m/Min) konnte ich Kurven registrieren, die den früher von Basler beschriebenen entsprechen. Man erkennt ohne weiteres zwei Maxima der Kurve, die durch ein Minimum voneinander getrennt sind. Je nach der Ganggeschwindigkeit der Trommel erscheinen die beiden Erhebungen der Kurve entweder bei schnellerem Trommelgang als flache Hügel oder bei langsamerem Trommelgang als zwei Spitzen. Eine solche Kurve ist als Beispiel in Abb. 4 wiedergegeben.

Der erste Gipfel ist auf den im Anfang der Sohlendrehung stattfindenden Anprall der Ferse gegen den Fußboden zurückzuführen. Der mit der Ferse sich stützende Fuß kommt natürlich mit einer mehr oder weniger großen Beschleunigung auf dem Fußboden an, sodaß zur Schwerkraft auch noch die kinetische Energie addiert wird. In der Zeit, während der das andere Bein nach vorn schwingt, suchen

die elastischen Kräfte der Fersenhaut sowie der Gehbahn als Reaktion gegen den Anprall den Fuß wieder in die Höhe zu werfen. In dem Maße, als der Fuß sich, wenn auch um nicht meßbare Beträge vom Boden entfernt, wird der Druck auf die Unterlage kleiner. Inzwischen hat sich die Fußspitze nach unten gesenkt, und jetzt erst beginnt die Zehendrehung, auf die auch wieder die lebendige Kraft der Fortbewegung ihre Wirkung ausübt, auch, wenn diese nur parallel zum Fußboden gerichtet ist.

Um durch Nachprüfen der zeitlichen Verhältnisse noch weitere Aufschlüsse zu erhalten, stellte ich nach Angaben von Herrn Professor Basler zwei kleine Gummikissen her, die durch Schläuche mit je einer Mareyschen Kapsel ver-

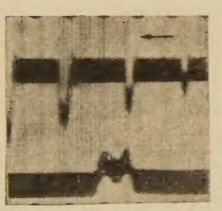

Abb. 4.

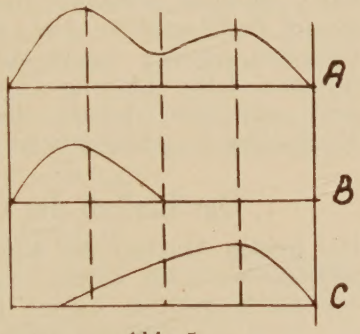

Abb. 5.

bunden waren. Diese Kissen befestigte ich auf dem Brett an der Stelle der schwarzen Markierung so, daß beim Gehen das eine Kissen von der Ferse, das andere vom Zehenballen belastet wurde. Gleichzeitig wurde die Lotkraft und eine Zeitmarke registriert. Durch die Erzeugung von drei „Points re relet" wurden Fehler, die durch verschiedenes Aufsetzen der Schreibhebel beim Ausmessen der Zeitunterschiede entstanden wären, vermieden. Zur Erläuterung der im folgenden beschriebenen Ergebnisse dient die nebenstehende Zeichnung (Abb. 5). Die Belastung durch die Ferse (B) trat zusammen mit dem Beginn der Auswirkung der Lotkraft (A) auf. Dagegen schrieb der vom Zehenballen abgeleitete Hebel 0,12 bis 0,15 Sek später (Kurve C). Das Maximum bei der Fersenbelastung lag Bruchteile einer Sekunde vor dem ersten Maximum der Lotkraft, das bedeutet, daß sich die Lotkraft erst nach dem Ablauf der Fersendrehung, wenn also

schon der ganze Fuß die Unterlage erreicht hat, voll auswirken kann. Der Abfall der vom Fersenkissen gezeichneten Kurve fällt zeitlich zusammen mit dem Minimum der Lotkraft zwischen den beiden Maxima. Die Zehenballenbelastung dagegen wächst immer noch bis zu dem Augenblick, in dem die Lotkraft ihr zweites Maximum erreicht hat, um dann mit der Lotkraft zusammen abzufallen bis zum Nullpunkt. Durch diesen Versuch fanden die vorher angeführten Erklärungen also weitere Bestätigung.

Meistens war, wie man aus den Kurven entnehmen konnte, die Lotkraft bei der Fersendrehung größer als die bei der Zehendrehung auftretende. Doch sind individuelle Unterschiede vorhanden. Bei einer meiner Versuchspersonen, die einen durchaus normalen Gang hatte, war in der Regel der zweite Zipfel größer. Aber auch bei den anderen Versuchspersonen erschien immer einmal wieder eine solche Kurve, trotzdem keine Störung beim Gehen aufgetreten war. Es sind scheinbar feinste Innervierungsschwankungen der Muskulatur ausschlaggebend für den Ausfall der Kurve.

Der Einfluß der Gehgeschwindigkeit

Die beiden Maxima der Kurve beim Gehen sind am deutlichsten bei einer schnelleren Gehgeschwindigkeit. Bei besonders langsamem Gehen (ungefähr 52 m¹/Min) wird die Lotkraft nicht höher als dem Körpergewicht entspricht, und die Kurve ergibt ein ebenes Plateau. Es gibt kein Minimum, wie bei schnellerem Gang, die Lotkraft sinkt nicht unter das Körpergewicht. Nur beim Abstoßen des Zehenballens wird die Lotkraft auch bisweilen bei diesem langsamen Gehen etwas höher als das Körpergewicht, und die Kurve ergibt eine wenig ansteigende Linie, die steil abfällt (s. Abb. 6). Diese Verhältnisse erklären sich ungezwungen aus dem über die zweizipfelige Kurve Gesagten. Hier ist die Bewegung so langsam, daß praktisch sowohl die Ferse als auch der Zehenballen am Anfang die Beschleunigung 0 besitzen. Die Kräfte nehmen so langsam zu, daß die Energie der Bewegung vernachlässigt werden kann. Je schneller nun die Gangart wird, um so höher wird die Lotkraft und um so deutlicher der Unterschied zwischen Maxima und Minimum der Kurve.

Abb. 6.

Einfluß des Körpergewichts

Die zweizipfelige Form der Kurve ergab sich bei den verschiedenen Versuchspersonen mit sehr unterschiedlichen Körpergewichten nicht bei der gleichen Geschwindigkeit. Beim Gehen schwerer Personen traten die zwei Zipfel schon bei einer Geschwindigkeit von 82 m/Min auf, während bei zwei Personen von unter 50 kg die zwei Maxima erst bei einer Geschwindigkeit von 87 m/Min deutlich wurden. Diese Tatsache stimmt zu der oben angeführten Erklärung der Form der Lotkraftkurve. Bei höherem Körpergewicht ist die kinetische Energie größer.

Allerdings kommen auch hier individuelle Unterschiede vor. Bei einer meiner Versuchspersonen mit einem Gewicht von 70 kg traten die deutlich sichtbaren Gipfel erst bei einer Geschwindigkeit von 132 m/Min auf, wie es sonst nur bei rund 50 kg leichteren Personen der Fall war. Bei einer zweiten Person von demselben Körpergewicht waren die zwei Gipfel schon vorhanden bei einer Geschwindigkeit von 76 m/Min. Diese individuellen Unterschiede sind eben zweifellos bedingt durch die Art, wie der Fuß aufgesetzt wird.

Absolute Kraftwerte

Die Größe der auftretenden Kräfte habe ich in Kilogramm gemessen. Zum Eichen des Apparates war es notwendig, daß ich Gewichte auf das Trittbrett setzte und immer in Abständen von 10 kg das neue Filmband neu belichtete und dann weiterdrehte. Ich eichte bis zu 280 kg. Die Eichungskurve ergab eine Treppe.

Dadurch, daß ich wiederholt eichte und die Ergebnisse übereinstimmten, habe ich mich überzeugt, daß die Kraftwerte gleich blieben. Eine derartige Gewichtsbelastung beansprucht aber eine verhältnismäßig große Raumfläche, die hinausreicht über die markierte Stelle auf dem Brett b. Um nun mit einer größeren Zahl von Gewichten belasten zu können, ließ Herr Professor Basler ein Brett herstellen, dessen Oberfläche größer als die markierte Fläche des Trittbrettes war, dessen Unterstützungsfläche aber auf diese Fläche aufgepaßt war. Wurden die Gewichte auf dieses Brett gesetzt, so wirkten ihre Kräfte nur an der markierten Stelle von Brett b; trotzdem war Platz genug für die Gewichte vorhanden. Die Kurvenmessungen nahm ich mit einem von Herrn Prof. Basler angegebenen Mikroskop vor, das eine

zehnfache Vergrößerung liefert und in dessen Okular ein Okularmikrometer eingelegt ist. Ich stellte fest, wieviel Teilstriche dieser Skala den geeichten Werten entsprachen und verglich die für die Lotkraft erhaltenen Kurven mit diesen Werten. Auf Grund meiner Messungen erhielt ich Ergebnisse, die aus den Tabellen 1 und 2 zu ersehen sind.

Tabelle 1.

Beispiel für die Höhe der Lotkraft im Verhältnis zum Körpergewicht und verschiedener Ganggeschwindigkeit, gezeigt an einem typischen Fall, bei einer Versuchsperson von 70 kg Körpergewicht.

Geschwindigkeit	Schrittlänge	Fersenzacke				Zehenzacke			
		Kraft in kg		Kraft in % des Körpergewichts		Kraft in kg		Kraft in % des Körpergewichts	
		mittl. Wert	max. Wert	mittl. Wert	max. Wert	mittl. Wert	max. Wert	mittl. Wert	max. Wert
m/Min.	cm	kg	kg	%	%	kg	kg	%	%
52	70	72	90	103	127	79	90	113	128
76	73	88	92	125	132	82	84	117	120
132	87	97	100	140	143	89	96	121	137

Tabelle 1 zeigt die bei einer Versuchsperson aufgetretenen Werte, bei der besonders eindeutige Verhältnisse vorliegen. Die erste senkrechte Reihe bezeichnet die Ganggeschwindigkeit, in Metern pro Minute angegeben. Dann folgt die nach der oben erläuterten Methode gemessene Schrittlänge, darauf die bei der Fersendrehung aufgetretenen Werte. Ich habe die Kraft hier zunächst in Kilogramm angegeben und dann in Hundertteilen des Körpergewichtes. Für jede Geschwindigkeit sind die Durchschnittswerte und der bei dieser Person höchsterreichte Wert jedesmal angeführt. Es ist hier ein langsamerer Gang von 52 m/Min, ein mittlerer von 76 m/Min und ein schnellerer von 132 m/Min angegeben. Ich habe zwar auch dazwischenliegende Geschwindigkeiten untersucht, doch geht hieraus das Wesentliche hervor.

Man sieht zunächst, daß, wie oben erwähnt, die Werte für die Lotkraft bei der Fersendrehung größer sind als bei der Zehendrehung. Bei der Geschwindigkeit von 52 m/Min ist zwar scheinbar die Kraft bei der Zehendrehung größer, doch war bei dieser Geschwindigkeit die Zweizipfeligkeit der Kurve noch nicht deutlich ausgeprägt, und es lag mehr eine

etwas ansteigende Linie (Abb. 6) vor. Es kommt in der Tabelle auch ganz deutlich zum Ausdruck, wie mit der Geschwindigkeit und der Schrittlänge die Höhe der Lotkraft zunimmt entsprechend der Zunahme der kinetischen Energie.

Tabelle 2.

Übersicht über die Höhe der Lotkraft bei verschiedener Ganggeschwindigkeit im Verhältnis zum Körpergewicht = 100 Prozent. Aus den Kurven von 8 Versuchspersonen errechnet.

Geschwindigkeit m/Min.	Durchschnittswerte in % des Körpergewichts		Maximalwerte in % des Körpergewichts		Minimalwerte in % des Körpergewichts	
	1. Zacke %	2. Zacke %	1. Zacke %	2. Zacke %	1. Zacke %	2. Zacke %
52	106	117	112	125	100	107
76	123	123	225	150	100	107
132	147	134	220	200	100	119

Aus Tabelle 2 sind die Durchschnittswerte für die Größe der Lotkraft aller meiner Versuchspersonen bei drei verschiedenen Geschwindigkeiten zu ersehen, und zwar wieder ausgedrückt in Prozenten des Körpergewichts. Wie man sieht, wiederholen sich hier die bei Tabelle 1 gemachten Beobachtungen.

Dauer der Belastung

Die Dauer der Belastung habe ich auch ausgemessen und gefunden, daß, wie zu erwarten, die Zeit der Belastung mit wachsender Geschwindigkeit abnahm. Die Belastung dauerte bei langsamer Geschwindigkeit (52 m/Min im Mittel) 0,7 Sek, bei der Geschwindigkeit von 87 m/Min 0,58 Sek und bei 132 m/Min nur 0,5 Sek. Nicht ganz in demselben Maße nahm auch die Zeit zwischen den beiden Maxima ab. — Bei allen meinen Versuchen fällt aber immer wieder auf, daß recht starke Schwankungen bei Versuchen an derselben Person unter denselben Bedingungen auftreten, die durch feinste unwillkürliche Reaktionen zu erklären sind.

Lauf

Beim Übergang vom schnelleren Gehen zum Lauf ändert sich plötzlich die Form der Kurve. Es ergibt sich eine einzige steil ansteigende Zacke, die ebenso steil wieder abfällt. Die Erklärung ergibt sich von selbst, die Zeit der Belastung ist

so kurz, und das Abstoßen des Zehenballens folgt so rasch auf das Aufprallen der Ferse, daß praktisch nur einmal eine Kraft nach unten wirkt. Beim Dauerlauf ließ ich wieder, wie schon vorher beschrieben, die Fußspuren aufzeichnen und fand, daß dabei im Gegensatz zum schnellen Lauf der ganze Fuß aufgesetzt wird. Trotzdem waren Unterschiede beim Dauerlauf und beim schnellen Lauf weder in der Form noch in der Höhe der Kurven festzustellen. Die Höhe der aufgetretenen Kräfte bewegte sich bei beiden Bewegungsarten um das Doppelte des Körpergewichts herum, in vereinzelten Fällen bis fast zum Dreifachen des Körpergewichts.

Springen

Weiterhin untersuchte ich Schlußsprünge und fand hierbei spitzzackige Kurven und Werte bis zu 280 kg bei einer Person von 78 kg. Meistens zeigten sich Werte, die das Zwei- bis Dreifache des Körpergewichtes ausmachten. Ich ließ dann auch Schlußsprünge ausführen, bei denen zwischen Aufsprung und Absprung stillgestanden wurde. Dann war meistens beim Aufsprung die Lotkraft größer als beim Absprung. Dies paßt zu den beim Gehen gefundenen Verhältnissen.

Der Einfluß der Fußbekleidung

Die bisher besprochenen Versuche waren barfuß ausgeführt worden. Ich ließ nun einige Versuchspersonen in Strümpfen, dann in Schuhen mit niedrigen, höheren und höchsten Absätzen (bis zu 5,5 cm hoch) laufen. Es ergab sich in der Höhe und Form der Kurven kein einheitlicher Unterschied gegenüber den Kurven, die beim Barfußlaufen entstanden.

Fußspitzen- und Fersengang

Wir erwarteten zunächst, daß beim Fußspitzen- und Fersengang eine Änderung der Form der Kurve auftreten würde. Doch die zwei Gipfelpunkte kamen genau so heraus. Die oben beschriebenen Vorgänge während der Sohlendrehung spielen sich eben jetzt auf einer kleineren Fläche ab. Was aber auffiel, war, daß hierbei die Werte für die Lotkraft höher wurden als beim normalen Gang, und zwar um rund 10 kg. Man könnte dies zurückführen auf den Mangel an Übung in diesen Gangarten und die damit zusammenhängende Ungeschicktheit beim Auftreten.

Zusammenfassung

1. Registriert man die beim Gehen senkrecht nach unten wirkenden Kräfte, die „Lotkräfte", so ergibt sich bei mittlerer und schneller Ganggeschwindigkeit eine Kurve, die zwei Maxima und ein dazwischenliegendes Minimum aufweist (Abb. 4).
2. Bei langsamem Gang wird die Lotkraft nicht höher als dem Körpergewicht entspricht, und die Kurve ergibt ein ebenes Plateau (Abb. 6).
3. Im allgemeinen ist die Lotkraft bei der Fersendrehung größer als bei der Drehung des Zehenballens.
4. Das Auftreten der zwei Maxima der Kurve ist vom Körpergewicht abhängig. Bei schwereren Personen treten sie schon bei einer langsameren Gangart auf als bei leichteren.
5. Die Höhe der Lotkraft nimmt zu mit wachsender Geschwindigkeit.
6. Die Dauer der Belastung nimmt ab mit wachsender Geschwindigkeit.
7. Ein Einfluß der Fußbekleidung konnte nicht festgestellt werden.
8. Beim Fußspitzen- und Fersengang ergibt sich dieselbe Form der Kurve und eine größere Kraft als beim normalen Gang.
9. Beim Dauerlauf und beim schnellen Lauf erscheint eine spitze, einzipfelige Kurve, die eine rund um das Doppelte des Körpergewichts liegende Lotkraft anzeigt.
10. Beim Springen zeigt sich dieselbe Form der Kurve wie beim Lauf. Die Höhen der Kräfte liegen um das 2—3 fache des Körpergewichtes.

Zum Schluß meiner Ausführungen möchte ich Herrn Professor Basler meinen ergebensten Dank aussprechen für die Überlassung des Themas und für seine wertvollen Anregungen.

Lebenslauf.

Ich bin als Tochter des jetzigen Landesoberinspektors Franz Schenk und seiner Ehefrau Margarete, geb. Schmidt, in Breslau, am 8. Juni 1912 geboren.

Ich ging in Breslau zur Schule, in den ersten Jahren in das Ilmingsche Privatlyzeum und von der Untertertia an auf die Studienanstalt der Staatlichen Augusta-Schule. An dieser Schule bestand ich 1931 das Abiturium. Ich studierte darauf Medizin in den vorklinischen Semestern in Breslau und Graz und machte 1934 das Physikum in Breslau. In den klinischen Semestern studierte ich in Breslau und bestand im Juli 1937 das Staatsexamen. Während des Praktischen Jahres war ich an der Kinderheilstätte in Landeshut, an der Provinzial-Hebammen-Lehranstalt in Breslau und auf der Inneren Abteilung des Allerheiligen-Hospitals in Breslau tätig.

Hanna Schenk.